

Jukka Kumpulainen

## **VOIMALAITOKSEN KULJETINLAITTEIDEN KUNNONVALVONTA**

# **VOIMALAITOKSEN KULJETINLAITTEIDEN KUNNONVALVONTA**

Jukka Kumpulainen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2014  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka, energiatekniikka

---

Tekijä: Jukka Kumpulainen  
Opinnäytetyön nimi: Voimalaitoksen kuljetinlaitteiden kunnonvalvonta  
Työn ohjaaja: Heikki Takalo-Kippola  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2014 Sivumäärä: 43 + 3 liitettä

---

Opinnäytetyö tehtiin Savon Voima Oyj:n omistamalle Iisalmen voimalaitokselle, joka on kiinteää polttoainetta käyttävä vastapainevoimalaitos. Työn tavoitteena oli kehittää voimalaitoksen kiinteän polttoaineen kuljetinlaitteiden toimintavarmuutta ja esisuunnitella polttoaineen varasyötöt vikatilanteiden varalle. Toimintavarmuutta kehitettiin suunnittelemalla kuljetinlaitteille kunnossapito-ohjelma ja selvittämällä käyttökelpoiset kunnonvalvontaratkaisut. Lisäksi työssä selvitettiin, miten laite- ja materiaalivalinnoilla voidaan parantaa käyttövarmuutta.

Opinnäytetyö toteutettiin tutustumalla ja keräämällä tietoa voimalaitoksen polttoainejärjestelmään kuuluvasta kuljetinlaitteistosta sekä perehtymällä kunnossapidon ja kunnonvalvonnan suunnitteluun ja erilaisiin toiminta- ja mittausmenetelmiin. Kuljetinlaitteistoon kuuluvat polttoaineen käsittelylaitteet, kuljettimet ja purkaimet. Kunnossapidon toimintamenetelmistä tutustuttiin yleisimpiin kuten luotettavuuskeskeiseen ja tuottavaan kunnossapitoon. Kunnonvalvontamenetelmistä tutustuttiin menetelmiin, joita voidaan käyttää kuljetinlaitteiden kunnonvalvonnassa kuten värähtely- ja lämpötilamittaukset. Kunnossapidon toimintamenetelmistä kunnossapito-ohjelman suunnittelun pohjaksi valittiin luotettavuuskeskeinen kunnossapito, koska voimalaitoksen toiminnan kannalta kuljetinlaitteiden luotettava toiminta on erityisen tärkeää.

Työn tuloksena selvisi, että kuljetinlaitteet varastosiloista annostelusiiloille ovat voimalaitoksen toiminnan kannalta kaikkein kriittisimmät. Kriittisimmille kuljetinlaitteille kehitettiin kunnossapito-ohjelma kevennetyn RCM-prosessin avulla, jossa selvitettiin kuljetinlaitteiden yleisimmät toiminnan keskeyttävät viat, vikaantumistavat ja ennakoivat sekä korjaavat toimenpiteet. Kriittisille kuljetinlaitteille valittiin myös sopivat kunnonvalvontamenetelmät, joilla esimerkiksi vaihteistojen ja laakereiden kuntoa voidaan valvoa. Kunnonvalvonnan järjestämistä kuitenkin vaikeuttavat useimpien kuljetinlaitteiden hidas pyörintänopeus ja sijainti ulkoilmassa. Lisäksi työssä selvisi, että kolakuljettimen ketjujen optimaaliset materiaalit voimalaitosympäristöön ovat pintakarkaistusta teräksestä valmistetut sivulevyt ja ruostumattomasta teräksestä valmistetut holkit ja tapit. Työssä todettiin myös voimalaitoksen kuljetinlaitteiden olevan tarkoituksenmukaiset eikä muutoksille ole näin tarvetta.

---

Asiasanat: voimalaitos, kuljetinlaitteet, kunnossapito, kunnonvalvonta

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
2 IISALMEN VOIMALAITOS JA POLTTOAINEJÄRJESTELMÄ	7
2.1 Voimalaitos	7
2.2 Polttoainejärjestelmä	7
2.2.1 Punnitus ja vastaanotto	8
2.2.2 Seulonta ja murskaus	8
2.2.3 Siirto ja varastointi	9
3 KULJETINLAITTEET	10
3.1 Polttoaineen käsittelylaitteet	10
3.1.1 Kiekkoseula	10
3.1.2 Murskain	11
3.2 Kuljettimet	11
3.2.1 Kolakuljetin	12
3.2.2 Hihnakuuljetin	15
3.2.3 Ruuvikuuljetin	17
3.2.4 Sulkusyötin	18
3.3 Purkaimet	19
3.3.1 Kolapurkain	19
3.3.2 Tankopurkain	20
3.3.3 Ruuvipurkain	20
4 KUNNOSSAPITO	22
4.1 Kunnossapidon määritelmä ja tavoitteet	22
4.2 Kunnossapidon toimintamenetelmät	22
4.2.1 Laatupohjaiset menetelmät	22
4.2.2 Logistiikkapohjaiset menetelmät	23
4.2.3 Tuottava kunnossapito	23
4.2.4 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito	24
4.2.5 Tuotanto-omaisuuden hallinta	25
4.3 Kunnossapitolajit	25

4.4 Kunnossapidon suunnittelu	27
5 KUNNONVALVONTA	28
5.1 Kunnonvalvonnan suunnittelu	28
5.2 Kunnonvalvontamenetelmät	28
5.2.1 Aistienvaraiset tarkastukset	29
5.2.2 Värähtelymittaukset	30
5.2.3 Voiteluaineanalyysit	30
5.2.4 Venymäliuskamittaukset	31
5.2.5 Lämpötilamittaukset	32
5.2.6 Venymän mittaus	33
5.2.7 NDT-menetelmät	33
5.3 Mittaustulosten tarkastelu	33
5.4 Oireiden tunnistaminen ja vian määrittäminen	34
5.5 Johtopäätökset ja toimenpiteet	34
6 KUNNOSSAPITO JA KUNNONVALVONTARATKAISUT	35
6.1 Kuljetinlaitteiden kriittisyyskartointi	35
6.2 Kunnossapito-ohjelma	36
6.3 Kunnonvalvontaratkaisut	37
6.4 Kunnonvalvonnan toteuttamiseen liittyvät ongelmat	38
7 MATERIAALI- JA LAITEVALINNAT	39
7.1 Materiaalivalinnat	39
7.2 Laittevalinnat	39
8 YHTEENVETO	40
LÄHTEET	41
LIITTEET	
Liite 1 Lähtötietomuistio	
Liite 2 Kriittisyystarkastelu	
Liite 3 Kevennetty RCM-prosessi	

# 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Savon Voima Oyj:n Iisalmen voimalaitokselle, joka on kiinteää polttoainetta käyttävä CHP-laitos. Polttoaineena laitoksella käytetään pääasiassa jyrshinturvetta, mutta myös haketta ja purua poltetaan. Kiinteän polttoaineen käyttö vaatii erillisen polttoainejärjestelmän polttoaineen vastaanottoa, esikäsitteilyä, kuljetusta ja varastoimista varten. Kuljetinlaitteiden virheetön toiminta on näin ollen keskeytyksettömän energiantuotannon kannalta erittäin tärkeää. Koneiden virheettömyyden toimintaan pyrittäessä suunnitellaan usein avuksi kunnossapito-ohjelma, jossa kunnonvalvonnalla on suuri merkitys.

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella kiinteän polttoaineen kuljetinlaitteille toimiva kunnossapito-ohjelma sekä miettiä ratkaisuja kuljettimien kunnonvalvontaan. Lisäksi työn tavoitteena on selvittää, miten voimalaitoksen käyttövarmuutta voidaan parantaa kuljettimien laite- ja materiaalivalintojen kautta. Työssä on tarkoitus pohtia myös erilaisia vaihtoehtoja polttoaineen varasyötön toteuttamiseksi vika- tai huoltotilanteessa. (Liite 1.)

Opinnäytetyön tilaaja Savon Voima Oyj on suomalainen sähkö- ja lämpöpalveluja tuottava ja markkinoiva energiayhtiö. Savon Voima omistaa useiden vesivoimalaitoksien ja lämpökeskuksien lisäksi sähköä ja lämpöä tuottavat voimalaitokset Iisalmissa, Pieksämäellä ja Kiuruvedellä. Savon Voimalla on myös tuotanto-osuuksia useissa ympäri Suomea sijaitsevilla voimalaitoksilla vesivoimasta bio-, maakaasu-, hiili- sekä ydinvoimaan. (1.)

## **2 IISALMEN VOIMALAITOS JA POLTTOAINEJÄRJESTELMÄ**

Savon Voiman omistamalla Iisalmen voimalaitoksella tuotetaan kaukolämpöä kaupungin asukkaille ja yrityksille sekä sähköä valtakunnan sähköverkkoon. Laitoksessa käytetään polttoaineena pääasiassa jyrshinturvetta sekä jonkin verran myös puuhaketta. Kiinteän polttoaineen käyttö vaatii erillisen polttoainejärjestelmän, jossa polttoainetta voidaan siirtää erilaisilla kuljetinlaitteilla vastaanotostasemalta esikäsittelyn kautta eteenpäin silloihin ja silloista kattilaan.

### **2.1 Voimalaitos**

Voimalaitos on tyypiltään vastapainevoimalaitos eli siinä on yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto. Tällä ratkaisulla sähköntuotannosta jäljelle jäävä hukkalämpö voidaan käyttää kaukolämpöveden lämmittämiseen, ja voimalaitoksen kokonaishyötysuhde saadaan nostettua noin 90 prosenttiin. Voimalaitoksen kattilateho on 45 MW, josta 15 MW saadaan höyryturbiinin pyörittämästä generaattorista sähkötehona ja loput 30 MW lämpötehona kaukolämpövedeen siirrettynä. (2.)

Voimalaitoksessa on käytössä leijukerrospolttotekniikkaa käyttävä kerrosleijukattila, joka mahdollistaa monipuolisen kiinteiden polttoaineiden käytön. Menetelmän soveltuvuus monille kiinteille polttoaineille perustuu hiekkapetiin sitoutuneeseen suureen lämpömäärään, joka tasaa polttoaineen lämpöarvossa tapahtuvia muutoksia sekä varmistaa polttoaineen syttymisen ja palamisen. Kerrosleijukattilassa palaminen tapahtuu fluidisoidussa hiekkapetissä. Fluidisoitu hiekkapeti saadaan aikaan syöttämällä petin alapuolelle sen verran ilmaa, että peti fluidisoituu ja alkaa kuplia. Kerrosleijukattilassa polttoaineen ja ilman sekoittuminen sekä lämmönsiirto tulipesässä on tehokasta. (3, s. 39.)

### **2.2 Polttoainejärjestelmä**

Kiinteää polttoainetta käyttävissä kattilalaitoksissa polttoainejärjestelmät ovat usein yksi suurimmista erillisjärjestelmistä. Kiinteän polttoaineen kuljetus ja esikäsittelyjärjestelmä koostuvat seuraavista osista:

- punnitus

- vastaanottoasema
- polttoaineen seulonta
- karkean jakeen murskaus
- kuljettimet
- polttoainesiilot
- purkaimet
- sulkusyöttimet. (3, s. 44.)

Usein polttoaineen vastaanottoketju kahdennetaan polttoainesiiloista kattilaan, koska kuljetinlaitteet ovat alttiina mekaaniselle kulutukselle ja kemialliselle korroosiolle (3, s. 44). Kahdennuksella voidaan lisätä voimalaitoksen toimintavarmuutta, koska vikatilanteessa yhdelläkin annostelusiilolla ja sulkusyöttimellä saadaan syötettyä kattilan tarvitsema polttoainemäärä (4, s. 38).

### **2.2.1 Punnitus ja vastaanotto**

Jokainen voimalaitokselle polttoainetta tuova auto punnitaan vaa'alla täytenä ja kuorman purun jälkeen tyhjänä, jolloin erotuksesta saadaan tietoon tuodun polttoaineen massa. Polttoainelastin purkamisen yhteydessä otetaan jokaisesta kuormasta näyte, joka analysoidaan ja saatujen tulosten mukaan maksetaan polttoaineesta. Polttoainekuorma puretaan purkuhalliin, josta se siirretään kola-purkaimella eteenpäin polttoaineen esikäsittelyyn.

### **2.2.2 Seulonta ja murskaus**

Purkupaikalta kolapurkain siirtää polttoaineen seulalle, jossa hienojakoinen polttoaine putoaa seulan läpi alla olevalle kuljettimelle siiloihin kuljetettavaksi. Polttoaineen seassa olevat suurimmat partikkelit kuten puunkappaleet ja kannot, jotka eivät läpäise seulaa, menevät seulalta murskaimelle, jossa ne hienonnetaan. Kuljettimien ja purkaimien toiminnan kannalta on tärkeää, että polttoaine on tarpeeksi hienojakoista, jolloin riski tukkeumien ja toimintahäiriöiden syntymiseen pienenee merkittävästi.



### **2.2.3 Siirto ja varastointi**

Kiinteän polttoaineen käyttö voimalaitoksella vaatii alueelta paljon tilaa kuljettimille ja polttoaineen varastosiloille. Erilaisilla kuljettimilla kuten kola-, hihna- ja ruuvikuljettimilla polttoaine siirretään purkupaikalta ensin suuriin varastosiloihin, joista pienempiin annostelusiiloihin ja lopulta sulkusyöttimien kautta kattilaan poltettavaksi. Purkupaikalta ja silloista polttoaine saadaan siirrettyä kuljettimille erilaisilla purkaimilla kuten kola-, tanko- ja ruuvipurkaimilla.

### **3 KULJETINLAITTEET**

Voimalaitoksen alueella olevat kuljetinlaitteet koostuvat erilaisista polttoaineen käsittelylaitteista, kuljettimista ja purkaimista. Käsittelylaitteistossa polttoaine seulotaan ja muutetaan tasalaatuiseksi. Kuljettimilla kiinteää polttoainetta siirretään purkupaikan, siilojen ja kattilan välillä. Purkaimia käytetään polttoaineen purkamiseksi varasto- ja annostelusiiloista kuljettimille. Lopuksi sulkusyöttimet syöttävät polttoaineen kattilaan.

#### **3.1 Polttoaineen käsittelylaitteet**

Polttoaineen käsittelylaitteita tarvitaan kiinteää polttoainetta käyttävien voimalaitosten polttoainejärjestelmässä. Käsittelylaitteisiin kuuluvat seulat, murskaimet ja erilaiset puhdistuslaitteet kuten sähkömagneetit, joilla voidaan poistaa metallikappaleita polttoaineen seasta.

##### **3.1.1 Kiekkoseula**

Kiekkoseulassa (kuva 1) sähkömoottorilla pyöritetään päistään laakeroituja akseleita, joihin kiinnitetyillä kiekkoilla saadaan suurijakoinen materiaali liikkumaan seulalla eteenpäin jatkokäsittelyyn ja hienojakoinen putoamaan seulan väleistä suoraan kuljetukseen. Kiekkoseulan akseleiden ja kiekkojen välit ja määrä mitoitetaan erottelutarpeen ja kapasiteetin mukaan. Kiekkoseulassa on yksi tai useampi sähkömoottori, mikä vaihtelee seulan koon ja akseleiden määrän mukaan. Yksi moottori pyörittää kuitenkin useampaa kuin vain yhtä akselia. Voimansiirto akseleiden välillä on toteutettu ketju- tai hihnavedolla.



*KUVA 1. Kiekkoseula (5)*

### **3.1.2 Murskain**

Murskaimessa (kuva 2) sähkömoottorilla pyöritetään vaihteiston välityksellä yhtä hammastettua telaa, johon seulalla erotetut suurimmat kappaleet kulkeutuvat ja tarttuvat hampaisiin, jotka vetävät kappaleet murskaimen läpi. Murskaimen runkoon on hitsattu kiinteät vastahampaat, joita vasten telan hammastus murskaa kappaleet. (6.)



*KUVA 2. Murskain (7)*

### **3.2 Kuljettimet**

Erilaisilla kuljettimilla on erilaiset ominaisuudet eivätkä kaikki näin ollen välttämättä sovellu käytettäväksi kaikkiin paikkoihin. Käytettävän kuljettimen valintaan vaikuttavat siirtoetäisyys, nousukulma, siirrettävän polttoaineen määrä ja kunnossapidettävyyys, ottaen huomioon myös kuljettimien rakennus- ja käyttökustannukset. Kuljettimien tulee sijaita suljetun rakenteen sisällä, koska polttoai-

neena käytettävä jyrshinturve on helposti pölyävää eikä saa myöskään liiemmin kastua. Seuraavissa luvuissa on esitelty voimalaitoksella käytettävät kuljetintyy-  
pit.

### 3.2.1 Kolakuljetin

Kolakuljetin (kuva 3) sopii pitkille siirtomatoille ja jyrkkiin nousuihin, koska kolat estävät polttoaineen valumisen alaspäin. Kolakuljettimissa polttoaineen siirtymisen perustuu kolien vetävään vaikutukseen, joten kuljetin sopii hyvin hienoja-  
koiselle turpeelle ja hakkeelle, joiden rakenteita kuluttava vaikutus on pieni.



*KUVA 3. Kolakuljetin voimalaitoksen annostelusiiloille, jossa polttoaine jaetaan ruuvikuljettimella kahden siilon kesken*

Kolakuljettimelle voima tuotetaan sähkömoottorilla, joka on sijoitettu kuljettimen yläpäähän. Sähkömoottorilta voima välitetään alennusvaihteiston kautta laakeroidulle akselille, johon vetopyörät on kiinnitetty. Kuljettimen alapäässä on toinen vapaasti pyörivä akseli, johon on kiinnitetty taittopyörät. Näiden akseleilla olevien pyörien päälle sijoitetaan ketjut, joiden väliin kolat on asennettu hitsaa-

malla tai ruuveilla. Ketjun kireyttä voidaan säätää siirtämällä kuljettimen alapäässä olevaa akselia.

Akselit ja ketjut kolineen ovat kokonaisuudessaan suljetun runkorakenteen sisällä, jossa ketjut kulkevat niille tarkoitettujen ohjauskiskojen päällä ja kolat hiipovat pohjaa. Pohjaan ja kiskojen päälle on asennettu muovilevyt, jotka voidaan vaihtaa niiden kuluessa. Muoveilla vältetään pohjan ja kiskojen teräsrakenteiden mekaaninen kuluminen sekä pidennetään ketjujen käyttöikää. Runkorakenteiden päällä on avattavia tarkistusluukkuja sekä osaan kansista on asennettu räjähdysluukut, jotka mahdollisen pölyräjähdysen sattuessa vaimentavat räjähdysvaikutuksia. Kuvassa 4 näkyy kolakuljettimen ketjut ja ruuvikiinnityksellä olevat kolat kuljettimen sisällä sekä muovitukset pohjassa ja kiskojen päällä.



*KUVA 4. Kolakuljettimen ketjut ja kolia*

Kolakuljetin on turvallinen ja luotettava ratkaisu kiinteän polttoaineen kuljettamiseen, minkä lisäksi sillä saadaan aikaiseksi tasainen ja jatkuva polttoainevirta. Kolakuljettimen rakenne ja toimintaperiaate on yksinkertainen, mikä helpottaa



kunnossapitoa. Lisäksi kolakuljettimien osat ovat standardisoituja, mikä helpottaa ja nopeuttaa varaosien hankintaa. (8.)

Kolakuljettimissa käytettäviä kuljetinketjuja on saatavilla useita erilaisia malleja useista eri materiaaleista valmistettuna, mistä voidaan valita sopivin ketju käyttökohteen vaatimusten mukaan. Kuvassa 5 on esitetty muutama yleisin ketjumalli. Ketjuja on saatavilla ilman rullia ja ketjunivelien päälle asennettujen rullien kanssa. Rullia on saatavilla pienempinä kuin ketjun sivulevyjen korkeus ja sivulevyjä huomattavasti suurempina. Ketjuihin kiinnitettäviä kolia varten on saatavilla useita erilaisia kiinnitysmenetelmiä. Kolat voidaan kiinnittää esimerkiksi ruuveilla suoraan rei'itettyihin ketjun sivulevyihin tai erilaisiin sivulevyihin kiinnitettyihin korvakeratkaisuihin. (9.)



*KUVA 5. Erilaisia kuljetinketjumalleja (10)*

Ketjuja valmistetaan erilaisista teräslaaduista ja erilaisen lämpökäsittelyn saaneista teräksistä, joten olosuhteiltaan vaativiinkin käyttökohteisiin löytyy sopiva ketju. Ketjuja valmistetaan ruostumattomista teräksistä ja hiiliteräksistä, minkä lisäksi on saatavilla ratkaisuja, joissa on yhdistetty molempien materiaalien hyvät puolet käyttämällä hiiliteräksestä valmistettujen sivulevyjen kanssa ruostu-

mattomasta teräksestä valmistettuja holkkeja ja tappeja. Ketjun hiiliteräksestä valmistetut osat on lämpökäsitelty yleensä karkaisemalla. Ketjun osat voidaan karkaista kokonaan tai vain pinnasta, millä vaikutetaan teräksen ominaisuuksiin. (9.)

Karkaisulla teräkseen saadaan suuri kovuus ja näin ollen karkaistulla kappaleella on hyvä kulumiskestävyys ja suuri lujuus, mutta sitkeys ja muodonmuutoskyky jäävät heikoiksi. Karkaisu voidaan suorittaa läpikarkaisuna tai pintakarkaisuna. Läpikarkaisussa käsiteltävä kappale karkaistaan kauttaaltaan ja sen koko rakenne muuttuu martensiittiseksi. Pintakarkaisussa kappaleesta karkaistaan vain ohut kerros pinnasta, jolloin pintaan syntyy kova kulutusta kestävä kerros ja sisäosa pysyy suhteellisen pehmeänä, minkä takia kappale kestää myös muodonmuutoksia ja iskuja. (11, s. 102, 108.)

### **3.2.2 Hihnakuljetin**

Hihnakuljetin sopii loiville nousuille ja valumaesteiden kanssa myös melko jyrkille nousuille. Kuljetin sopii sekä lyhyille että jopa erittäin pitkille siirtomatoille. Helposti pölyävän turpeen kuljettamiseen käytetään kuitenkin lähinnä vain sisätiloissa, koska ulkona vaatisi samankaltaisen suljetun rakenteen ympärilleen kuin kolakuljetin, mikä hihnakuljettimen tapauksessa vaikeuttaisi huomattavasti kunnossapitoa ja huoltojen suorittamista tilanpuutteen takia.

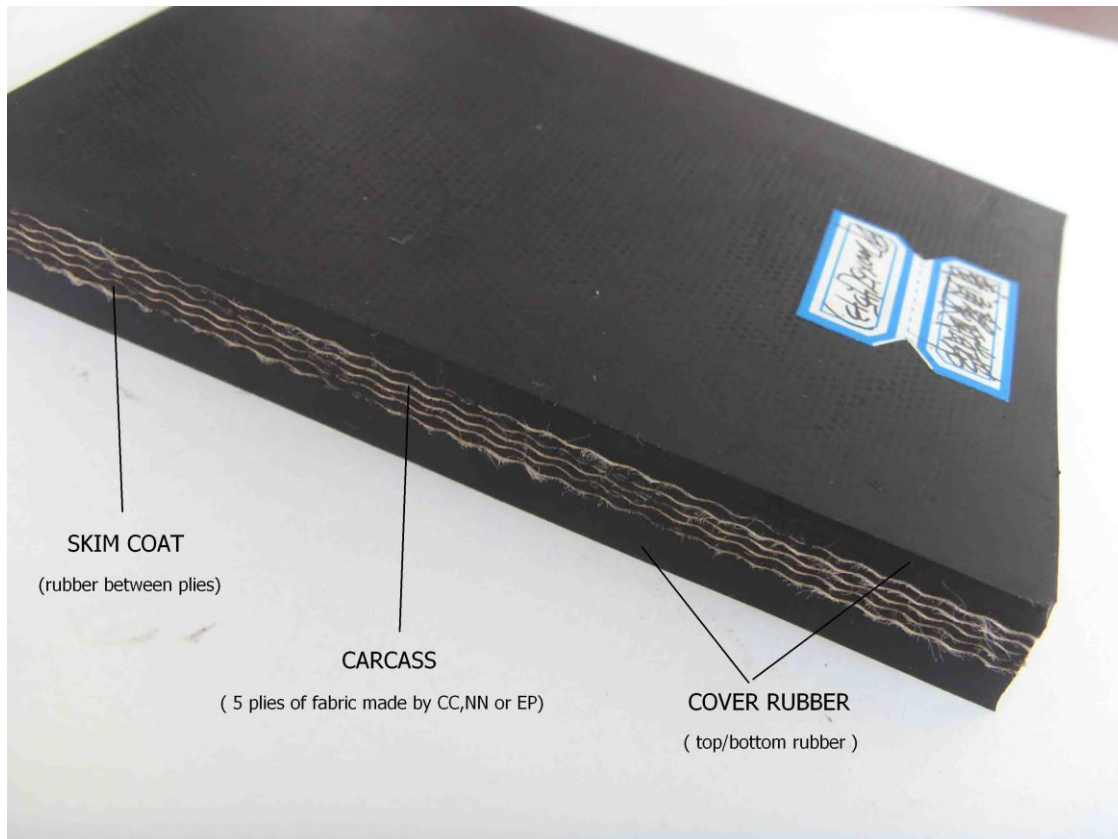
Hihnakuljettimessa (kuva 6) hihna on asennettu kahden rullan väliin, joista toiseen on kytketty vetävä sähkömoottori vaihteiston välityksellä ja toinen on vapaasti hihnan mukana pyörivä. Kuljettimeen hihnan alle asennetaan ohjausrullia, joilla hihnaa tuetaan ja saadaan ohjattua haluttuun kourumuotoon. Hake ja erityisesti turve siirretään hihnalle tiiviin suuttimen kautta, jotta pölyä muodostuisi mahdollisimman vähän. Hihna pidetään puhtaana kuljettimeen kiinteästi asennettujen puhdistusharjojen avulla.



*KUVA 6. Hihnakuuljetin, jonka päällä sähkömagneetti metallikappaleiden poistoa varten*

Hihnakuuljettimen hihnoja valmistetaan paljon erilaisia, joista sopiva valitaan käyttökohteen, käyttöolosuhteiden ja siirrettävän materiaalin mukaan. Hihnat ovat yleensä monikerroksisia, ja nämä kerrokset voidaan jakaa karkeasti kolmeen kerrokseen eli alapintaan, runkokerrokseen ja yläpintaan (kuva 7). Runkokerroksen tarkoitus on ottaa vastaan suurin osa hihnaan kohdistuvista voimista ja näin ollen se pitkälti määrittää hihnan kestävyysominaisuudet. Runkokerros koostuu yhdestä tai useammasta vahvikekerroksesta. Vahvikkeena käytetään yleensä puuvillasta tai erilaisista muoveista valmistettuja tukiverkkoja, mutta raskaampaan käyttöön tarkoitetuissa hihnoissa käytetään myös teräskaapeleita, joilla hihnan pituussuuntainen kestävyys saadaan maksimoitua. Hihnan ylä- ja alapinnat valmistetaan erilaisista kumiseoksista sen mukaan, millaisia ominaisuuksia hihnalta halutaan. (12; 13.)





*KUVA 7. Kuljetinhihnan rakenne-esimerkki (14)*

Hihnakuuljettimilla saadaan tasainen materiaalivirta ja suuri siirtokapasiteetti. Hihnakuuljettimet ovat yleensä pitkäikäisiä ja käyttö- ja kunnossapitokustannuksiltaan edullisia käytettäviä. Hihnakuuljettimien rakenne on yksinkertainen ja osat standardisoituja, mikä helpottaa kunnossapitoa ja varaosien hankintaa. (15.)

### **3.2.3 Ruuvikuljetin**

Ruuvikuljetin sopii erityisesti lyhyille siirtoetäisyyksille ja tarvittaessa voidaan käyttää myös jyrkkää nousukulmaa. Ruuvikuljettimen toiminta perustuu muodoltaan kourumaisen runkorakenteen sisällä pyörivän ruuvin materiaalia siirtävään vaikutukseen.

Ruuvikuljettimessa (kuva 8) on kummastakin päästä laakeroitu ruuvi asennettu pohjasta kourumaisen rakenteen sisään, jossa on toisessa päässä kuljettimen yläpuolella polttoaineelle tuloyhde ja toisessa päässä alapuolella poistoyhde. Kuljettimessa kouru toimii myös runkorakenteena, ja rungon päällä on tarkistus-

luukkuja, joista ruuvin toimintaa ja kuntoa voidaan tarkkailla. Ruuville voima tuotetaan sähkömoottorilla vaihteiston välityksellä.



*KUVA 8. Ruuvikuljettimen rakenne (16)*

Ruuvikuljettimilla saadaan aikaan tasainen materiaalivirta pienillä käyttökustannuksilla. Tämän lisäksi ruuvikuljettimet ovat helposti kunnossapidettäviä niiden yksinkertaisen rakenteensa vuoksi. (16.)

### **3.2.4 Sulkusyötin**

Sulkusyötin syöttää polttoaineen kattilaan suljetusti annoksissa, siten ettei palokaasut ja tuli pääse leviämään kattilasta kuljettimille ja siiloihin. Sulkusyötin (kuva 9) koostuu rungosta, päätylaipoista, roottorista sekä käyttömoottorista ja voimansiirrosta. Rungossa on tulo- ja poistoyhde polttoaineelle. Sulkusyöttimen roottoriin on hitsattu useita siivekkeitä, joilla roottori jaetaan lohkoihin, ja näin sulkusyötin saadaan tiiviiksi ja vältetään avoin yhteys tulo- ja poistoyhteen välillä. Roottori on laakeroitu päistään päätylaippojen väliin ja kytketty vaihteiston välityksellä taajuusmuuttajakäyttöiseen sähkömoottoriin, jolla polttoaineen syötönopeutta voidaan säädellä.



*KUVA 9. Sulkusyötin (17)*

### **3.3 Purkaimet**

Purkaimilla kiinteää polttoainetta saadaan purettua silloista. Varasto- ja annostelusiiloissa on purkaimia käytössä kahta toimintaperiaatteeltaan erilaista mallia. Näiden lisäksi polttoaineen purkuhallissa on käytössä kolapurkain. Purkaimia valmistetaan pohjaltaan pyöreisiin sekä suorakaiteen muotoisiin silloihin.

#### **3.3.1 Kolapurkain**

Kolapurkain on toimintaperiaatteeltaan kuin kolakuljetin, eli sen polttoainetta siirtävä vaikutus perustuu kolien vetävään vaikutukseen. Rakenteeltaan se on kuitenkin hieman erilainen verrattuna kolakuljettimiin. Kolapurkaimessa on kolme ketjua rinnakkain, joihin on hitsattu kolia kiinni. Ketjut kiertävät purkuhallin lattiaa ympäri sillä kohdalla johon polttoainerekka purkaa lastinsa, ja kolat vetävät polttoaineen lattialta seulalle. Kolapurkain saa käyttövoimansa sähkömoottorista, josta se välitetään alennusvaihteiston läpi vetoakselille ja vetopyörien kautta ketjuille. Purkaimen toisessa päässä on vapaasti pyörivät taittopyörät, joita voidaan ruuveilla liikuttaa ja näin säätää ketjujen kireyttä.

### 3.3.2 Tankopurkain

Tankopurkaimet soveltuvat käytettäväksi suorakaiteen muotoisissa siloissa niiden edestakaisen liikkeen takia. Tankopurkaimen (kuva 10) toiminta perustuu silon pohjarakenteen päällä edestakaisin liikkuviin tankoihin, joihin on kiinnitetty poikkileikkaukseltaan kolmion muotoisia kolia. Tankojen liikkuesssa kolat työntävät otsapinnoillaan polttoainetta eteenpäin seuraavalle kuljettimelle ja takaisin tullessaan liukuvat polttoainekasan alla. Tankopurkaimen tankoja liikutetaan hydraulisylintereillä, joten purkaimen käyttö vaatii erillisen hydraulikkajärjestelmän. (4. s. 101.)



*KUVA 10. Tankopurkain, josta näkyy tanko ja siihen kiinnitettyjä kolia (18)*

### 3.3.3 Ruuvipurkain

Ruuvipurkaimet soveltuvat käytettäväksi pyöreisiin, jopa erittäin suuriin siloihin. Ruuvipurkaimessa (kuva 11) silon keskelle asennettu rakenne pyörii oman akselinsa ympäri ja näin siihen kiinnitetty ruuvi kiertää siloa. Samanaikaisesti myös ruuvi pyörii ja vetää polttoainetta runkorakenteen sisään, josta se valuu seuraavalle kuljettimelle. Runkorakenteen pyöriminen on toteutettu hammasrataiden avulla ja ruuvia pyöritetään ketjujen välityksellä.

Ruuvien hammastuksella (kuva 11) siiloon mahdollisesti kiinteäksi tiivistynyttä polttoainetta voidaan murtaa, ja näin varmistetaan tasainen jatkuva materiaalivirta. Materiaalivirtaan voidaan vaikuttaa ruuvien pyörimisnopeutta muuttamalla taajuusmuuttajakäyttöisellä sähkömoottorilla. Pyörimisnopeuden säätö toimii automaationa kattilan polttoainetarpeen mukaan.



*KUVA 11. Ruuvipurkain tyhjässä annostelusiilossa*

## **4 KUNNOSSAPITO**

### **4.1 Kunnossapidon määritelmä ja tavoitteet**

Kunnossapito voidaan yleisesti määritellä kaikkien teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuudeksi. Näiden toimenpiteiden tarkoituksena on säilyttää kunnossapidon kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan siltä vaaditun toiminnon sen koko elinjakson ajan. (19, s. 2.)

Kunnossapidon keskeisimmät tavoitteet ovat tuotannon kokonaistehokkuus sekä kohteen hyvä käyttövarmuus. Käyttövarmuus koostuu useasta osa-alueesta, joita ovat toimintavarmuus, kunnossapidettävyyys ja kunnossapitovarmuus. Kunnossapidon muita merkittäviä tavoitteita ovat turvallisuus, kustannustehokkuus ja ympäristövaikutusten huomioon ottaminen. (19, s. 4.)

### **4.2 Kunnossapidon toimintamenetelmät**

Kunnossapidon strategioiden suunnitteluun on viimeisimpien vuosikymmenten aikana kehitelty useita erilaisia toimintamenetelmiä, jotka lähestyvät kunnossapitoa hieman eri näkökulmasta. Merkittävimmät kehitetyt toimintamenetelmät pohjautuvat laatuun, logistiikkaan, tuottavuuteen, luotettavuuteen ja tuotanto-omaisuuden hallintaan. (20, s. 70.)

#### **4.2.1 Laatupohjaiset menetelmät**

Laatupohjaiset menetelmät tulivat käyttöön ensimmäisenä kappaletaravalmistuksessa ja ne saivat alkunsa akuuteista laadunvarmistuksen tarpeista. Laatupohjaisten menetelmien perimmäinen tarkoitus on, että kaikessa toiminnassa niin palveluiden tarjoamisessa kuin myös huoltotoimenpiteissä panostetaan laatuun. Menetelmään on myös kehitetty erilaisia työkaluja, kuten Six Sigma, jossa tarkasteltavalle prosessille, tuotteelle tai palvelulle etsitään ja määritetään ylä- ja alavalvontarajat, joiden haarukkaan ulostulo sopii (20, s. 70, 74).

#### **4.2.2 Logistiikkapohjaiset menetelmät**

Logistiikkapohjaiset menetelmät ovat käytössä lähinnä vain sellaisilla toimijoilla, joiden liiketoiminta perustuu enimmäkseen tavaroiden toimittamiseen ja jakeeluun. Kunnossapidon koko strategia rakennetaan vain harvoin pelkän logistiikan pohjalle, mutta kunnossapitologistiikka on aina mukana kunnossapidon strategioissa. (20, s. 70.)

#### **4.2.3 Tuottava kunnossapito**

Tuottava kunnossapito eli TPM (Total Productive Maintenance) on kokonaisvaltainen strategia, jonka tarkoitus on maksimoida tuotannon tehokkuus ja laatu. TPM:n lähtökohtana on luoda tuotannon koneille optimaaliset toimintaolosuhteet ja ylläpitää ne, eli käytännössä tavoitellaan nollatoleranssia vikojen ja laiterikkojen osalta. Tuottavaan kunnossapitoon liittyy tärkeänä osana myös kunnossapidon panoksen ja tuotoksen optimointi, sekä olemassa olevan käyttöomaisuuden hyödyntäminen mahdollisimman tehokkaasti. (20, s. 79–80.)

Tuottavan kunnossapidon yksi tärkeimmistä lähtökohdista on se, että siinä oletetaan kaikkien tuotannon osa-alueiden osallistuvan sen toteuttamiseen, eli toisin sanoen tuotannon koko henkilökunta on osa kunnossapitoa. Käyttäjäkunnossapidoksi kutsutaan sitä, kun koneen käyttäjä suorittaa laitteelle toimintavarmuutta parantavia toimenpiteitä, kuten puhdistamista ja tarkistuksia. Käyttäjäkunnossapitoon liittyvän tarkastustoiminnan toimivuus on tärkeä osa ennakkoivaa kunnossapitoa ja kunnonvalvontaa. (20, s. 83–85.)

TPM:n pohjalle on myös kehitetty useita erilaisia menetelmiä, kuten Asset Management eli tuotanto-omaisuuden hallinta ja tuotannon kokonaistehokkuus eli OEE (Overall Equipment Effectiveness). OEE lyhennetään suomen kielessä muotoon KNL, joka tulee KNL-laskennan kolmesta pääkertoimesta eli käytettävyy-, nopeus- ja laatukertoimesta. Tuotanto-omaisuuden hallinnasta tarkemmin luvussa 4.2.5. (20, s. 80–81.)



#### 4.2.4 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito

Luotettavuuskeskeinen kunnossapito eli RCM (Reliability Centered Maintenance) on yleisesti yksi tärkeimmistä työkaluista kunnossapidon suunnittelussa. RCM on menetelmä, jolla pyritään siihen, että tehtäisiin mahdollisimman vähän kunnossapitoa, kuitenkin vaarantamatta laitteen tai laitoksen toimintaa. (20, s. 75.)

RCM:n keskeisimpinä päämäärinä on

- kohdistaa kunnossapito laitteisiin, joissa sitä eniten tarvitaan
- selvittää laitteiden vikaantumismekanismit
- saattaa kunnossapidon piiriin myös sellaiset raja- ja turvalaitteet, jotka prosessin toimiessa ovat passiivisia
- laatia valmiit toimintaohjeet vikaantuville laitteille, joille ei löydy tehokkaita ehkäisevän kunnossapidon menetelmiä
- opettaa koneiden käyttöhenkilökunta seuraamaan kriittisten komponenttien toimintaa. (20, s. 75.)

RCM-prosessi on osoittautunut tehokkaaksi ja toimivaksi tavaksi systemaattiseen kunnossapidon kehittämiseen. RCM-prosessi voidaan jakaa seitsemään vaiheeseen, joissa edetään seuraavasti:

1. Määritetään laitteiden toiminnot ja tehokkuusvaatimukset sekä näille vaatimustaso.
2. Määritetään toiminnalliset viat.
3. Selvitetään vikaantumismallit, eli millaiset vikaantumismekanismit voivat johtaa toiminnalliseen vikaan.
4. Selvitetään vian vaikutukset, eli miten vika ilmenee.
5. Määritetään vian seuraukset, jotka voidaan jakaa neljään ryhmään:
  - piilevät seuraukset
  - toiminnalliset vaikutukset
  - ei toiminnalliset vaikutukset
  - turvallisuus- tai ympäristövaikutukset.
6. Määritetään ennakoivat toimenpiteet, jotka voidaan jakaa kolmeen ryhmään:
  - kunnon perusteella tehtävät toimenpiteet



- säännöllinen huolto
- säännöllinen vaihto.

7. Määritetään korjaavat toimenpiteet, jotka voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

- tarkistetaan säännöllisesti
- suunnitellaan uudelleen
- ajetaan loppuun ilman huoltoa. (20, s. 76.)

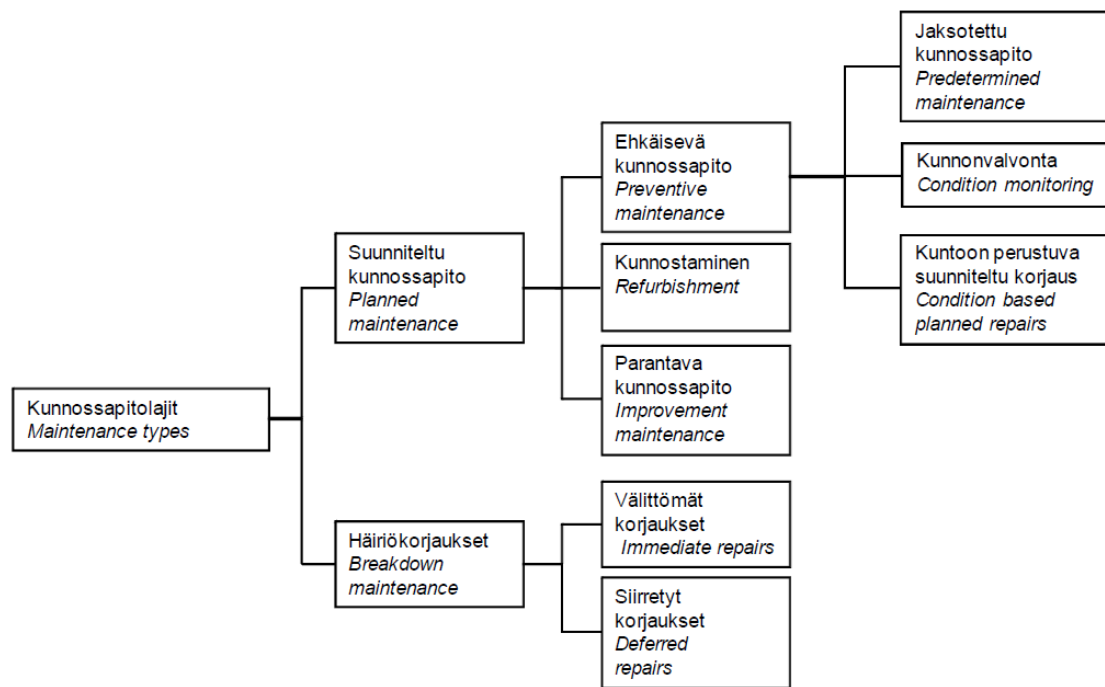
RCM:stä on kehitetty myös erilaisia kevennettyjä versioita, joissa ei tarvitse käydä läpi RCM-prosessin kaikkia vaiheita tai karsitaan vähemmän kriittiset laitteet pois varsinaisesta RCM tarkastelusta. Kevennettyjä versioita käytetään kuitenkin lähinnä vain vanhoille laitoksille, joille varsinaista RCM-prosessia pidetään liian raskaana. (20, s. 77–78.)

#### **4.2.5 Tuotanto-omaisuuden hallinta**

Tuotanto-omaisuuden hallinta pyrkii tehostamaan päätöksentekoa, joka liittyy yrityksen tuotantokapasiteettiin sekä sen käyttöön ja ylläpitoon. Tuotanto-omaisuuden hallintaa laitoksen elinkaareissa voidaan tarkastella joko uuden laitteiston tai käyvän laitteiston näkökulmasta. Uuden laitteiston kohdalla keskitytään sen koko elinkaarta koskevien päätösten optimointiin eli pyritään koko elinjakson tuottojen optimointiin. Tällä toiminnalla pyritään ottamaan huomioon tuotantokapasiteetin tuomat muutokset liiketoimintaympäristössä ja käytön aikaisen elinjakson muutos- ja kunnossapitotarpeet. Käyvien laitteiden kohdalla tuotanto-omaisuuden hallinta keskittyy tuottavuuden ja tuottokyvyn ylläpitoon ja parantamiseen muuttuvissa olosuhteissa. (20, s. 86–87.)

#### **4.3 Kunnossapitolajit**

Kunnossapitolajit luokitellaan hieman eri tavalla luokittelijasta riippuen. Kuvassa 12 on esitetty standardin PSK 7501 mukainen kaavio eri kunnossapitolajien suhteista toisiinsa. Kaaviossa kunnossapito jaetaan kahteen osaan, eli suunniteltuun kunnossapitoon ja häiriökorjaukseen, jota voidaan kutsua myös suunnitelmattomaksi kunnossapidoksi. (20, s. 96.)



KUVA 12. Kunnossapitolajit (21, s. 32.)

Suunnitellulla kunnossapidolla tarkoitetaan kunnossapitoa, jolla joko parannetaan kohteen luotettavuutta ja kunnossapidettävyyttä kohteen toimintoa muuttamatta, kunnostetaan kulumisen tai vaurioitumisen takia poistettu laite käyttökuntoon tai laitteelle tehtävää ehkäisevää kunnossapitoa. Ehkäisevällä kunnossapidolla ylläpidetään laitteen käyttöominaisuuksia, palautetaan kohteen heikentynyt toimintakyky ennen vian syntymistä tai estetään vaurion syntyminen. Ehkäisevää kunnossapitoa voidaan suorittaa jaksotetusti jonkun ennalta määritetyn ajanjakson tai määreen kuten tuotantomäärän mukaisesti, tai laitteen kuntoon perustuen. Kuntoon perustuvassa kunnossapidossa kunnonvalvonta on merkittävässä roolissa, koska sillä voidaan havaita mahdollinen vikaantuminen ennen laitteen epäkuntoon menoa, ja näin mahdollistetaan laitteen korjaaminen ennalta laaditun suunnitelman mukaisesti. (19, s. 22–23.)

Häiriökorjauksessa käytössä vikaantunut kohde palautetaan toimintakuntoon ja käyttöturvallisuudeltaan alkuperäiseen tilaan. Häiriökorjauksia voidaan tehdä kahdella tavalla, joko välittömästi häiriön havaitsemisen jälkeen tai myöhemmin jos häiriö ei suoranaisesti aiheuta vaaraa laitoksen tuotantoon, toimintaan tai henkilökunnalle. (19, s. 23.)

#### **4.4 Kunnossapidon suunnittelu**

Kunnossapidon suunnittelu aloitetaan selvittämällä laitoksen käytön- ja kunnossapidon toiminnalle asettamat tavoitteet. Toiminnan lähtökohtia ovat käytettävyyden parantaminen, kunnossapidon suunnitelmallisuuden ja taloudellisuuden lisääminen sekä laitteiden vaurioitumisen ennakoiminen ja vakavien vaurioiden minimointi. (20, s. 142.)

Kunnossapidon suunnittelu voidaan jakaa kahteen vaiheeseen, joista ensimmäisenä suoritetaan laitteille kriittisyyskartoitus. Kriittisyyskartoituksessa arvioidaan laitteen kriittisyyttä vikavälin, turvallisuusvaikutusten, ympäristövaikutusten, tuotannon menetyksen ja korjauskustannusten pohjalta. Laitteille jotka arvioidiin kriittisiksi, suoritetaan seuraavaksi RCM-prosessi. (20, s. 148–151.)

## **5 KUNNONVALVONTA**

Kunnonvalvontaa käytetään kohteen sen hetkisen toimintakunnon määrittämiseen ja sen kehittymisen arvioimiseen mahdollisen vikaantumis-, huolto- ja korjausajankohdan määrittämiseksi. Kunnonvalvontaan kuuluvia toimenpiteitä ovat aistein sekä mittalaittein tehtävät tarkastukset ja valvonta sekä saatujen mittaustulosten analysointi. Kunnonvalvonnasta saatavia lähtötietoja käytetään ehkäisevän kunnossapidon ja korjauksen suunnitteluun. (19, s. 23.)

### **5.1 Kunnonvalvonnan suunnittelu**

Kunnonvalvonnan suunnittelu aloitetaan määrittelemällä laitoksella olevien koneiden kriittisyys ja kunnonvalvonnan tarve kriittisille koneille. Jokaiselle yksittäiselle koneelle selvitetään soveltuvat valvontamenetelmät ja arvioidaan niiden tekninen toteutettavuus. Lopulta valitaan ne laitteet, joille on taloudellisesti kannattavaa järjestää kunnonvalvonta. (20, s. 162.)

Kunnonvalvontaan valituille laitteille laaditaan kunnonvalvontasuunnitelma, jossa määritellään käytettävät valvontatekniikat ja -menetelmät raja-arvoineen. Suunnitelma sisältää myös tiedon mittausten käytännön järjestelyistä, käytettävistä mittausjärjestelmistä sekä konekohtaiset mittausvälit. Myös mittausten dokumentoinnin, raportoinnin ja seurannan järjestely tulisi ilmetä suunnitelmasta. Kunnonvalvontakokemusten karttuessa tulee myös suunnitelmaa päivittää. (20, s. 162–163.)

### **5.2 Kunnonvalvontamenetelmät**

Aiemmin kunnonvalvontaa suoritettiin pääasiassa vain aistihavaintojen avulla, eikä näitä menetelmiä pidä aliarvioida tänäkään päivänä, vaikka niiden korvaajiksi ja täydentäjiksi on kehitetty useita erilaisia mittausmenetelmiä. Mittausmenetelmiä on kehitetty muun muassa värähtelyn, lämpötilan, venymän ja äänen mittaamiseen. Lisäksi koneiden kuntoa voidaan valvoa voiteluaineanalyysillä ja NDT-menetelmillä. (20, s. 417.)

### 5.2.1 Aistienvaraiset tarkastukset

Aistienvaraudessa kunnonvalvonnassa koneiden kuntoa valvotaan ja analysoidaan näkö-, tunto-, kuulo- ja hajuaistihavaintojen pohjalta. Aistienvaraudessa kunnonvalvonnassa pitää ottaa huomioon, että aistien herkkyys vaihtelee eri henkilöiden välillä, ja esimerkiksi ikä, vireystila ja sairaus vaikuttavat aistien herkkyyteen. Aistienvaraudessa kunnonvalvonnassa voidaan käyttää erilaisia apuvälineitä, joilla joko vahvistetaan aistia kuten suurennuslasilla, tai saatetaan tutkittava määre helpommin havaittavaksi, kuten eri paksuisten kiekkojen käyttö värähtelyn arviointiin. (20, s. 421–422.)

Näköhavaintojen avulla voidaan tarkkailla erilaisten liitosten kireyttä ja laitteiden tiiveyttä. Näköhavainnoin voidaan myös tarkkailla esimerkiksi laitteen voiteluöljyn määrää, virtausta, väriä, vaahtoamista ja sen epäpuhtauksia (20, s. 422–423). Näköaistin avulla voidaan myös havaita koneissa ja koneenosissa tapahtuva mekaaninen kuluminen sekä mahdollinen kemiallinen korroosio.

Tuntoaistia käytetään kunnonvalvonnassa lähinnä värinän, lämpötilan ja kaasuvuotojen tarkkailuun. Värinän voimakkuutta voi arvioida jonkun verran tuntoaistin avulla. Koneesta voi etsiä kohtaa jossa värinä on voimakkainta, sekä koneiden kiinnityskohtia voidaan tutkia koskettamalla kiinnitysten rajapintaa. Eripaksuisten kiekkojen avulla voidaan tutkia vaakasuuntaista värinää kokeilemalla kuinka ohut kiekko pysyy pystyssä tarkkailtavalla pinnalla. Värinän valvontaan tuntoaisti on kuitenkin vain harvoin riittävä menetelmä. Lämpötilan valvonnassa tuntoaisti on melko rajallinen, koska tuntoaistin yläraja on noin +50 °C:sta. (20, s. 425–426.)

Kuuloaistin käyttö kunnonvalvonnassa vaatii käyttäjältään paljon tietoutta sekä kokemusta. Usein tarvitaan myös apuvälineitä kuten kuuntelukeppiä, stetoskooppia tai akustista koetinta. Apuvälineillä ääni saadaan kulkemaan paremmin korviin ja samalla vähennettyä ympäristömelun hättävaiikutuksia. (20, s. 424.)

Hajuaistin käyttö kunnonvalvonnassa rajoittuu lähinnä erilaisten vuotojen havaitsemiseen ja vuotavan aineen tunnistamiseen. Myös jonkin koneen osan yli-

kuumeneminen voidaan joissain tapauksissa havaita hajuaistin avulla. (20, s. 427.)

### **5.2.2 Värähtelymittaukset**

Värähtelymittauksia käytetään kunnonvalvonnassa yleisesti pyöriville teollisuuden laitteille ja koneille. Värähtelyvalvonnan suunnittelu ja mittaussasetusten määrittäminen on melko monimutkainen prosessi ja vaatii paljon tietämystä muun muassa valvottavan kohteen toimintaperiaatteesta, mahdollisista vikaantumismekanismeista ja prosessista, jossa valvottavat laitteet ovat. (20, s. 223.)

Aikoinaan ensimmäiset värähtelyä mittaavat anturit olivat koneeseen kiinteästi asennettavia mekaanisia antureita, joissa piirturi siirsi värähtelyn aiheuttamat siirtymät ajan funktiona paperille. Nykyään värähtelyanturit ovat toimintaperiaatteeltaan sähköisiä ja ne voidaan jakaa karkeasti kolmeen ryhmään eli kiihtyvyy-, nopeus- ja siirtymäantureihin. (20, s. 234.)

Hitaasti pyörivien laitteiden viat ovat usein vastaavia nopeakäyntisiin koneisiin verrattuna, mutta dynaamiset voimat ovat pienempiä ja kerran kierroksella esiintyvät herätevoimat toistuvat harvemmin, mikä vaikeuttaa vikojen mittaamista ja havaitsemista. (20, s. 347.)

### **5.2.3 Voiteluaineanalyysit**

Voiteluaineanalyysillä saadaan tietoa koneen osien kulumisesta, prosessin toiminnasta, voitelun tehokkuudesta ja voiteluaineen kunnosta. Voiteluaineanalyysit ovat tärkeä menetelmä koneen kunnonvalvonnassa ja vianmäärityksessä, ja siksi ne on tarkoituksenmukaista ottaa osaksi koneen kunnonvalvontaa. Voiteluaineanalyysit voidaan jaotella perus-, hiukkas- ja kulumametallianalyysihin, sekä joissakin tapauksissa tehdään erikseen vesipitoisuusanalyysijä. (20, s. 428–429.)

Perusanalyysissä tutkitaan koneessa käytettävän voiteluaineen kuntoa määrittäen sen ulkonäkö, viskositeetti, happoluku ja kiintoainepitoisuus. Näiden tietojen perusteella pystytään päättämään öljyn käyttökelpoisuus ja lisäanalyysien tarve. (20, s. 430.)

Hiukkasanalyysissä järjestelmästä otettua öljynäytettä ja sen epäpuhtauksia tutkitaan, ja määritetään sille standardin mukainen puhtausluokka. Puhtausluokka voidaan määrittää manuaalisen mikroskooppilaskennan perusteella tai automaattisen hiukkaslaskimen avulla, jolla saadaan tieto myös hiukkasten kokojakaumasta. Hiukkasten alkuperää tutkitaan öljynäytteestä muodostetun mikroskooppinäytelevyn avulla. Hiukkasten väri, koko ja muoto antavat viitteitä hiukkasten alkuperästä ja muodon perusteella voidaan päätellä laitteen kulumismekanismit ja kulumisen aiheuttaja. Voitelurasvoillekin voidaan tehdä hiukkasanalyysijä, mutta ongelmana on sopivan liuottimen löytäminen. (20, s. 432–435.)

Kulumametallianalyysissä analysoidaan voiteluaineen sisältämiä hiukkasia, niiden alkuperää, kokonaismäärää ja muotoa. Kunnonseuranta kulumametallianalyysillä perustuu pääosin trendiseurantaan, eli on tärkeää seurata hiukkasten kokojakaumaa ja hiukkas määrän muutosnopeutta. Normaalisti toimiessaan koneessa syntyy vain vähän kulumishiukkasia, pitoisuuksien kasvu on hidasta ja niiden koko on pieni. Pitoisuuksien määrän kasvaessa nopeasti lyhyellä aikavälillä, voidaan sen päätellä olevan merkki alkaneesta epänormaalista kulumisesta. Kulumametallianalyysissä täytyy tietää mitä metalleja koneen eri osissa on käytetty, jotta hiukkasten lähde voidaan selvittää ja tunnistaa vaurioitunut kohde. Näytteenottoväleissä tulee ottaa huomioon käytettävä analysointimenetelmä sekä kohteen kriittisyys, häiriöherkkyys, vikojen kehittymisnopeudet ja historiatiedot. Näytteenottoa ja seurantaa tulee tehostaa väliaikaisesti, kun valtavissa suureissa havaitaan merkittävä muutos. (20, s. 435–438.)

#### **5.2.4 Venymäliuskamittaukset**

Venymäliuskamittauksilla voidaan määrittää rakenteiden paikallisia jännityksiä. Venymäliuskalla mitataan kappaleen pinnasta kuormituksen kappaleeseen aiheuttama suhteellinen venymä, josta saadaan laskettua mittauspisteessä vallitseva jännitys. Venymäliuskamittauksessa liuskan tulee olla erittäin hyvässä kosketuksessa materiaalin pintaan, jotta kuormituksen alainen venymä siirtyy häviöttömästi venymäliuskaan. Venymäliuska kiinnitetään kappaleen avoimeen pintaan erikoisliimalla ja vaativissa olosuhteissa keraamisilla kiinnitysmenetel-

millä tai pistehitsillä. Venymäliuskan toiminta perustuu liuskan hilan vastuksen muutokseen hilan venyessä. (20, s. 467–468.)

Venymäliuskat soveltuvat käytettäväksi veto-, taivutus ja vääntöjännitysten mittaamiseen, kun käytetään erilaisia venymäliuska-asetelmia ja mittasiltakytkentöjä. Lämpötilan muutokset voivat vääristää mittaustuloksen, mutta lämpötilamuutoksia voidaan kompensoida monin eri tavoin. (20, s. 470–471.)

### **5.2.5 Lämpötilamittaukset**

Lämpötila on yleisesti käytetty mittaussuure teollisuudessa, ja varsinkin erilaisten prosessien valvonnassa ja ohjauksessa se on keskeisessä asemassa. Lämpötilan mittaus voidaan suorittaa joko koskettavalla mittausanturilla, lämpösäteilyn mittaamiseen perustuvalla koskettamattomalla mittausmenetelmällä tai lämpökameralla. (20, s. 439–440.) Kunnonvalvonnassa lämpötilamittauksia voidaan käyttää esimerkiksi laakereiden ja vaihteistojen lämpötilojen seuraamiseen sekä lämpövuotojen havaitsemiseen.

Koskettavia lämpötilan mittausmenetelmiä ovat lasilämpömittarit, termoparimitaus, termistorit, metallivastusanturit, bi-metallilämpömittari ja lämpötilaindikaattorit. Koskettavista menetelmistä löytyy monia sopivia menetelmiä erilaisiin mitausolosuhteisiin ja mitattavalle lämpötila-alueelle. (20, s. 440.)

Koskettamattomat lämpötilan mittausmenetelmät perustuvat lämpösäteilyn eli sähkömagneettisen säteilyn aallonpituuden mittaamiseen, ja sen muuttamiseen sitä vastaavaksi lämpötilaksi. Koskettamattomia mittausmenetelmiä käytettäessä tulee ottaa huomioon erilaisten mitattavien pintojen erilaiset emissiivisyydet. Emissiivisyysluku kertoo mitattavan pinnan lähettämän oman lämpösäteilyn ja ympäristön energian heijastamisen suhteesta, eli mitä suurempi emissiivisyys, sitä vähemmän kappale heijastaa ympäristön energiaa ja enemmän säteilee omaa lämpöä. Lämpökameran toiminta perustuu samaan toimintaperiaatteen, mutta yhden pisteen sijaan sillä saadaan nopeasti lämpötilatieto suurelta alueelta kerrallaan. (20, s. 443–444.)

Koskettamattomilla lämpötilan mittauslaitteilla tuloksen absoluuttinen tarkkuus riippuu laitteen ominaisuuksien lisäksi emissiviteettikertoimen oikeellisuudesta.



Näin ollen tarkkoja lämpötilan arvoja halutessa on koskettamaton mittari syytä kalibroida koskettavan tarkkuuslämpömittarin lämpötilatietojen avulla. (20, s. 445.)

### **5.2.6 Venymän mittaus**

Venymän mittauksilla voidaan tutkia ketjujen ja hihnojen kuntoa sekä mittaustuloksista päätellä varsinkin ketjujen vaihdon tarpeellisuus. Ketjun venymä voidaan selvittää mittaamalla jonkun pituinen osuus ketjusta ja jakamalla mittaustulos osuudella olevien lenkkien määrällä. Tästä saatua tulosta voidaan verrata ketjun valmistajan antamiin mittoihin. Ketjujen ja hihnojen venymää voidaan seurata myös kiristysten yhteydessä, joilla pyritään pitämään ketjut ja hihnat alkuperäisessä asennuskireydessään. Kiristettäessä mitataan kiristyksen pituus ja kerrotaan tulos kahdella, jolloin saadaan tietoon ketjun tai hihnan venymä koko pituudeltaan.

### **5.2.7 NDT-menetelmät**

NDT-menetelmät eli ainetta rikkomattomat tarkastusmenetelmät ovat koneiden kunnonvalvonnan lisäksi laajalti käytössä myös materiaalin vastaanotossa ja tuotannon laadun seurannassa. Kunnonvalvonnassa yleisesti käytettyjä menetelmiä ovat endoskooppitarkastelu, ultraääniluotaus ja stroboskooppitarkastelu. Myös ääni- ja värähtelymittaukset sekä voiteluaineanalyysit kuuluvat NDT-menetelmien joukkoon. (20, s. 447.)

Endoskooppitarkastelulla voidaan kohdetta tutkia visuaalisesti vaikeasti havaittavissa paikoissa kuten koneiden ja laitteiden sisäpuolisissa koteloissa ja putkissa. Endoskooppeja on kahdenlaisia, kiinteäputkisia eli boroskooppeja ja taipuisia. Endoskoopin putkia on saatavilla myös hermeettisesti suljettuina, jolloin niitä voidaan käyttää myös nesteeseen upotettuna. (20, s. 447.)

## **5.3 Mittaustulosten tarkastelu**

Mittausten suorituksen jälkeen tarkastellaan saatuja tuloksia ja vertaillaan niitä aikaisempiin mittaustuloksiin. Mikäli mittaustulokset ovat asetettujen raja-arvojen sisällä, eikä merkittävää poikkeamaa aikaisempiin tuloksiin ole havaitta-

vissa, ei jatkotoimenpiteitä tarvita. Raja-arvojen ylittyessä tai merkittävän poikkeaman ilmetessä, tulee kyseiselle kohteelle suorittaa tarkistusmittauksia, joilla suljetaan pois mittausvirheen tai prosessiolosuhteiden muutoksen vaikutus tulokseen. Mikäli poikkeama todetaan todelliseksi, täytyy kohteen mittaustoimintaa väliaikaisesti tehostaa, jotta vian kehittymistä voidaan seurata tarkasti. Mittaustoimintaa voidaan tehostaa esimerkiksi mittausväliä lyhentämällä, muuttamalla mittaustapaa tai ottamalla käyttöön täydentäviä mittausmenetelmiä. (20, s. 169.)

#### **5.4 Oireiden tunnistaminen ja vian määrittäminen**

Mittauksissa havaittujen poikkeamien perusteella suoritetaan oireiden määrittäminen ja diagnoosi mahdollisen vian selvittämiseksi. Kaikki viat aiheuttavat mittauksiin vialle ominaisia oireita, joten viat tunnistetaan oireiden perusteella. Toisaalta yhteen vikaan voi liittyä useampia oireita ja samat oireet voivat viitata useaan vikaan. Diagnoosia voidaan tarkentaa, jos käytössä on laitevalmistajan tietoutta ja kunnossapidosta kertynyttä historiatietoa. (20, s. 170.)

#### **5.5 Johtopäätökset ja toimenpiteet**

Vian määrittämisen jälkeen tehdään johtopäätös, jossa selvitetään mahdollisen vian vakavuusaste, aiheuttaja ja kehittymisnopeus, sekä annetaan laitteelle ennuste jäljellä olevasta turvallisesta käyttöajasta. Johtopäätöksiä ja ennusteiden jälkeen laitteen käyttöä jatketaan tiukemmassa seurannassa, määrättyin käyttörajoituksin tai vasta kunnossapitotoimenpiteiden jälkeen. Kunnossapitotoimenpiteiden jälkeen suoritetaan tarkastusmittauksia, joilla varmennetaan korjauksen onnistuminen. (20, s. 172.)

Vikaantuneet osat tarkastetaan ja dokumentoidaan, jonka lisäksi todennetaan diagnoosin oikeellisuus. Todennettu vika, mittaustulokset, muut vikaan liittyvät havainnot ja niiden perusteella tehdyt johtopäätökset tallennetaan laitteen historiatietoihin. Historiatietoja voidaan jatkossa hyödyntää laitteen kunnossapidossa ja kunnonvalvonnan kehittämisessä. (20, s. 172.)

## 6 KUNNOSSAPITO JA KUNNONVALVONTARATKAISUT

Kunnossapitoa voimalaitoksen kuljetinlaitteille kehitettiin, jotta kehittyvät viat huomattaisiin ennen laitteen menoa epäkuntoon, ja näin voitaisiin parantaa kuljetinlaitteiden käyttövarmuutta ja sitä kautta myös voimalaitoksen toimintavarmuutta. Kunnossapidon suunnittelu aloitettiin selvittämällä voimalaitoksen toiminnan kannalta kriittisimmät kuljetinlaitteet, eli laitteet joiden vikaantuessa voimalaitoksen energiantuotanto varmimmin ja nopeimmin keskeytyisi. Kriittisten kuljetinlaitteiden selvityksen jälkeen kehitettiin kriittisille kuljetinlaitteille kunnossapito-ohjelmaa ja selvitettiin mahdolliset kunnonvalvontaratkaisut.

Tässä työssä kuljetinlaitteiden kunnossapidon ja kunnonvalvonnan tarkasteluista rajattiin sähkömoottorit pois, vaikka ne kuuluvatkin oleellisena osana kuljetinlaitteiden kokoonpanoon. Tähän ratkaisuun päädyttiin, koska sähkömoottorit kuuluvat enemmän sähkötekniikan kuin konetekniikan puolelle.

### 6.1 Kuljetinlaitteiden kriittisyyskartointus

Voimalaitoksen kiinteän polttoaineen kuljetinjärjestelmä voidaan jakaa kolmeen osuuteen. Jokainen osuus lukuun ottamatta viimeistä osuutta, alkaa purkaimesta ja päättyy silloa tai kattilaa edeltävään kuljetinlaitteeseen sisältäen kaikki kuljetinlaitteet tällä välillä. Ensimmäinen osuus alkaa purkuhallin kolapurkaimesta ja päättyy varastosilloa edeltävään kolakuljettimeen. Toinen osuus alkaa varastosiiilon ruuvipurkaimesta ja päättyy annostelusiilojen päällä olevaan jakoruuvia edeltävään kolakuljettimeen. Viimeinen osuus on kahdennettu, ja se alkaa kahden annostelusiilon päällä olevasta polttoaineen jakoruuvista ja päättyy tulipesää edeltäviin sulkusyöttimiin.

Tehtäessä kriittisyystarkastelu kuljetinlaitteille voimalaitoksen toimintavarmuuden näkökulmasta, voidaan se suorittaa näille kolmelle osuudelle eikä yksittäisten kuljetinlaitteiden kriittisyystarkastuksille ole tarvetta, koska jos joltain osuudelta menee yksikin kuljetinlaite epäkuntoon, on koko osuus lamaantunut. Kahdesta ensimmäisestä osuudesta poiketen, viimeisellä osuudella yhden kuljetinlaitteen mentyä epäkuntoon, on kuitenkin toinen puolikas kuljetinlaitteista vielä toimintakunnossa kahdennuksen ansiosta.

Kriittisyystarkastelusta (liite 2) voidaan nähdä, että voimalaitoksen toiminnan kannalta toinen osuus, eli kuljetinlaitteet varastosiilosta annostelusiiloille on kaikkein kriittisin, lähinnä eri polttoainesiilojen välisten tilavuuserojen takia. Jos toiselle osuudelle tulee vika ja polttoaineen kuljetus annostelusiiloille keskeytyy, riittää annostelusiiloissa polttoainetta vain muutamaksi tunniksi. Ensimmäinen ja kolmas osuus ovat keskenään likimain yhtä kriittisiä, koska ensimmäisen osuuden katketessa riittää polttoainetta varastosiilon polttoainetilanteesta riippuen jopa pari vuorokaudeksi, eli vika ehditään todennäköisesti korjata ennen polttoaineen loppumista. Kolmannen osuuden vikaantuessa saadaan polttoainetta kuitenkin syötettyä kattilaan toisesta annostelusiilosta, paitsi tilanteessa, jossa molemmat syöttölinjat sattuisivat menemään epäkuntoon samanaikaisesti.

## **6.2 Kunnossapito-ohjelma**

Kuljetinlaitteiden kunnossapitoa rakennettiin kriittisille kuljetinlaitteille siltä pohjalta, että kuljetinlaitteen viasta aiheutuvat tuotannon keskeytykset saataisiin minimiin ja mahdolliset vikaantumiset havaittaisiin ennen laitteen epäkuntoon menoa, eli pyritäisiin suunniteltuun kunnossapitoon. Voimalaitoksen toimintavarmuuden takaamiseksi on tärkeää, että kuljetinlaitteiden toimintaan voidaan luottaa, jolloin luotettavuuskeskeinen kunnossapito eli RCM on hyvä ratkaisu kunnossapito-ohjelman pohjaksi.

Kriittisyystarkastelussa todettiin toisen osuuden kuljetinlaitteet varastosiilosta annostelusiiloille kaikkein kriittisimmiksi, joten suoritetaan RCM-prosessi ruuvi-purkaimelle, hihnakuljettimelle ja kolakuljettimelle. Muut kuljetinlaitteet, jotka eivät ole niin kriittisiä, jätetään pois RCM-prosessista ja niiden kunnossapito-suunnitelma voidaan tehdä tarvittaessa kokemuspohjaisesti.

Suoritetaan RCM-prosessi kevennettynä, koska kuljetinlaitteet ovat vanhoja ja siksi täydellinen RCM-prosessi on niille liian raskas suoritettavaksi. RCM-prosessin tulokset kuljetinlaiteittain ovat nähtävissä liitteessä 3. Liitteen 3 taulukoissa on kuljetinlaiteittain lueteltu niiden yleisimpiä vikoja, jotka keskeyttävät kuljetinlaitteen toiminnan kokonaan, tai merkittävästi alentavat polttoaineen siirto kapasiteettiä. Taulukoissa on esitetty myös vikoihin johtavat vikaantumistavat sekä ennakoivat ja korjaavat toimenpiteet.

Kokemuspohjainen kunnossapito-ohjelma voidaan tarvittaessa tehdä ei-kriittisille kuljetinlaitteille, niiden käytöstä kertyneiden tietojen pohjalta. Käytöstä kertyvät tiedot eli kuljetinlaitteissa ilmenneet viat, vikojen syyt, vikaantumisaikakohdat sekä muut havainnot tulee kirjata muistiin, jolloin tietojen pohjalta voidaan suunnitella kuljetinlaitteiden huoltotoimenpiteet, osien vaihdot ja toimenpiteiden aikataulu.

### 6.3 Kunnonvalvontaratkaisut

Voimalaitoksen toiminnan kannalta kriittisille kuljetinlaitteille kannattaa harkita vähintään jaksottaisen kunnonvalvonnan järjestämistä, koska hyvällä kunnonvalvonnalla ja sen perusteella tehdyllä kunnossapidolla voidaan kuljetinlaitteissa esiintyviä toimintakatkoksia merkittävästi vähentää tai ainakin lyhentää. Taulukossa 1 on lueteltu yleiset kunnonvalvontamenetelmät ja kuljetinlaitteiden osat, joiden kunnonvalvontaan niitä voidaan käyttää.

TAULUKKO 1. Kunnonvalvontamenetelmän valintataulukko

		Kunnonvalvontamenetelmä					
		Lämpötila	Värähtely	Voiteluaineanalyysit	Venymä	Endoskopia	Venymäliuska
Kohteet	Vierintälaakerit	x	x	x			
	Vaihteistot	x	x	x		x	
	Ketjut				x		
	Hihnat				x		
	Hammaspyörät			x			
	Akselit						x

Kaikkien kuljetinlaitteiden kuntoa kannattaa valvoa vähintään aistienvaraisesti, eli käydä säännöllisin väliajoin tarkistuskierroksilla ja kuunnella, katsella sekä mahdollisesti tunnustella aistiiko laitteiden toiminnassa mitään normaalista poikkeavaa. Varsinkin kesäseisokin aikaan, jolloin voimalaitoksessa ei tuoteta energiaa ja kuljetinlaitteet ovat pysähdyksissä, tulee kaikki kuljetinlaitteet kiertää läpi ja etsiä mahdollisia mekaanisia ja korroosiosta aiheutuneita vaurioita ja vikoja, jotta niiden vaikutukset voidaan arvioida ja päättää mahdollisista toimenpiteistä ja niiden ajankohdasta.

## 6.4 Kunnonvalvonnan toteuttamiseen liittyvät ongelmat

Kuljetinlaitteiden kunnonvalvonnan toteuttamista vaikeuttavat kuljetinlaitteiden toiminnalliset seikat sekä ulkoiset olosuhteet. Suurin osa kuljetinlaitteista on hitaasti pyöriviä, mikä aiheuttaa sen, että vikojen havaitseminen mittalaittein vaikeutuu. Lisäksi suurin osa kuljetinlaitteista sijaitsee kokonaan tai osittain ulkoilmassa tai lämmittämättömässä tilassa, jolloin lämpötilan vaihtelut vaikuttavat mittaustuloksiin ja näin ollen myös niiden luotettavuuteen.

Kuljetinlaitteiden hidas pyörintänopeus vaikeuttaa esimerkiksi laakerin viasta johtuvan värähtelyn havaitsemista, koska hitaalla pyörintänopeudella dynaamiset voimat jäävät suhteellisen pieniksi ja näin ollen vaikeasti erotettaviksi normaalista värähtelystä. Tämän lisäksi hitaasti pyörivä vikaantunut laakeri ei välttämättä edes lämpene niin paljon normaalia enemmän, että se voitaisiin havaita lämpötilamittauksilla.

Suurin osa kuljetinlaitteista on ulkoilmassa tai lämmittämättömässä tilassa, jolloin lämpötilavaihtelut kesän ja talven välillä ovat useita kymmeniä asteita. Ulkoilman lämpötilavaihtelut vaikuttavat varsinkin lämpötilamittauksien tuloksiin, mutta lämpölaajenemisen takia myös esimerkiksi kolakuljettimen ketjun venymän mittaukseen. Ulkoilman lämpötilavaihteluiden takia tulisi kunnonvalvonnan mittaukset suorittaa aina mahdollisimman samankaltaisissa olosuhteissa, jotta tulokset olisivat luotettavia ja vertailukelpoisia.

## **7 MATERIAALI- JA LAITEVALINNAT**

### **7.1 Materiaalivalinnat**

Kolakuljettimien ketjut joutuvat normaalitilanteessa suurimman rasituksen alaisiksi kuljettimen lähtiessä pyörimään, jolloin ketjut nopeasti nytkähtävät liikkeelle. Suurimmat mahdolliset voimat ketjuihin kuitenkin syntyvät vikatilanteessa, jossa polttoaine pääsee kerääntymään ja tiivistymään kuljettimen yläpäässä päätyä vasten. Tukoksesta huolimatta kolat pyrkivät tuomaan lisää polttoainetta, mutta toppaavat yläpään tukokseen, jolloin ketjuihin kohdistuu suurin vetojännitys. Kolakuljettimien ketjut ja kolat joutuvat turpeen kuljettamisessa erittäin kosteisiin olosuhteisiin, mikä aiheuttaa korroosiota.

Käyttöolosuhteiden mukaan kolakuljettimen ketjuksi paras vaihtoehto vaikuttaisi olevan ketju, jonka sivulevyt ovat pintakarkaistua hiiliterästä ja holkit sekä tapit ruostumatonta terästä. Tällaisilla materiaalivalinnoilla saavutetaan ketju, jonka pinta kestää hyvin kulutusta ja pehmeiden sisäosien ansiosta ketju kestää myös iskuja ja muodonmuutoksia. Ruostumattomasta teräksestä valmistetut holkit ja tapit kestävät kosteuden aiheuttamaa korroosiota.

### **7.2 Laitevalinnat**

Voimalaitoksen kuljetinjärjestelmän laitevalinnat ovat tarkoituksenmukaiset ja muiltakin osin onnistuneet, joten tarvetta muutoksille ei ole. Voimalaitoksen toimintavarmuutta voitaisiin kuitenkin parantaa esimerkiksi kahdentamalla polttoainejärjestelmä ainakin osittain myös muualta kuin vain annostelusiiloilta eteenpäin. Tämä ratkaisu veisi kuitenkin paljon tilaa voimalaitoksen alueelta ja tulisi ratkaisulla saavutettavaan hyötyyn nähden myös todennäköisesti maksamaan liikaa.

## 8 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli parantaa Savon Voima Oyj:n omistaman lisälmen voimalaitoksen kiinteän polttoaineen kuljetinlaitteiden käyttövarmuutta kehittämällä kuljetinlaitteille kunnossapito-ohjelma ja selvittämällä mahdolliset kunnonvalvontamenetelmät. Lisäksi työn tavoitteena oli selvittää, miten voimalaitoksen käyttövarmuutta voidaan parantaa laite- ja materiaalivalinnoilla sekä esisuunnitella polttoaineen varasyötöt.

Opinnäytetyössä selvitettiin voimalaitoksen häiriöttömän toiminnan kannalta kriittisimmät kuljetinlaitteet. Kriittisimmille kuljetinlaitteille kehitettiin kunnossapito-ohjelmaa kevennetyn RCM-prosessin avulla ja selvitettiin kunnonvalvontamenetelmät, jotka soveltuvat erityisesti kriittisiksi todettujen kuljetinlaitteiden eri osien kunnonvalvontaan. Tarvittaessa kyseiset kunnonvalvontamenetelmät soveltuvat monilta osin myös muiden kuljetinlaitteiden kunnonvalvontaan.

Opinnäytetyössä selvitettiin kolakuljettimen ketjujen optimaaliset materiaalivalinnat olosuhteissa, joihin ne joutuvat turpeen ja hakkeen kuljettamisessa. Lisäksi työssä pohdittiin, voidaanko laitevalinnoilla parantaa voimalaitoksen toimintavarmuutta. Alkuperäisissä työn tavoitteissa mukana ollut polttoaineen varasyöttöjen esisuunnittelu jätettiin opinnäytetyöstä pois, koska se olisi tehnyt opinnäytetyöstä liian laajan. Varasyöttöjen esisuunnittelu sopisi laajuutensa vuoksi yksinään omaksi opinnäytetyön aiheeksi.

Opinnäytetyöprosessista sain paljon uutta tietoa erityisesti kunnossapidon ja kunnonvalvonnan suunnittelusta koulussa opittujen pohjatietojen päälle. Opinnäytetyö tulee olemaan aiheensa ja varsinkin koko projektin eri vaiheiden puolesta varmasti hyödyksi työelämässä ja tulevissa työtehtävissä.



## LÄHTEET

1. Yritysesittely. Savon Voima Oyj. Saatavissa:  
<http://www.savonvoima.fi/Yritysesittely/Konserni/Sivut/konserni.aspx>. Hakupäivä 5.9.2012.
2. Projektiesite. Pöyry Oyj. Saatavissa:  
<http://www.poyry.fi/sites/www.poyry.fi.mosaic.fi/files/101.pdf>. Hakupäivä 16.4.2014.
3. Joronen, Tero – Kovács, Jenő – Majanne, Yrjö 2007. Voimalaitosautomaatio. 2. painos. Helsinki: Suomen Automaatioseura ry.
4. Savon Voima Oyj:n bioenergiaohjelma. 2001. Savon Voima Oyj. Saatavissa:  
<http://www.savonvoima.fi/SiteCollectionDocuments/yksityisasiakkaat/SVLampoBioenergiaohjelma.pdf>. Hakupäivä 18.4.2014.
5. Seulat. Seimec Service Oy. Saatavissa: <http://www.seimec.fi/seulat.html>. Hakupäivä 10.3.2014
6. Murskaimen toimintakuvaus. Kärkimurskaus Oy. Saatavissa:  
<http://karkimurskaus.fi/Murskaimen-toiminta.php>. Hakupäivä 10.3.2014.
7. Murskaimet. Seimec Service Oy. Saatavissa:  
<http://www.seimec.fi/murskaimet.html>. Hakupäivä 10.3.2014.
8. Chain conveyors. 2010. BMH Technology Oy. Saatavissa:  
<http://www.bmh.fi/products/conveyors/chain-conveyors/>. Hakupäivä 12.3.2014.
9. Kuljetinketjut. FB Ketjutekniikka Oy. Saatavissa:  
<http://www.fbketjutekniikka.fi/fi/tuotteet-palvelut/kuljetinketjut>. Hakupäivä 15.3.2014.
10. Conveyors chain. Haji Exports. Saatavissa:  
<http://www.hajiexports.com/images/ENGINEERING%20PRODUCTS/Conveyors%20Chain.jpg>. Hakupäivä 15.3.2014.

11. Koivisto, Kaarlo – Laitinen, Esko – Niinimäki, Matti – Tiainen, Tuomo – Tiilikka, Pentti – Tuomikoski, Juho 2004. Konetekniikan materiaalioppi. 10. painos. Helsinki Edita Prima Oy.
12. General conveyor belts. 2014. Standard Industrial Inc. Saatavissa: [http://www.standard-a.com/Heavy\\_Duty\\_Fabric\\_Conveyor\\_Belts/General\\_Conveyor\\_Belt/?lang=en](http://www.standard-a.com/Heavy_Duty_Fabric_Conveyor_Belts/General_Conveyor_Belt/?lang=en). Hakupäivä 2.3.2014.
13. Conveyor belt systems. 2014. ContiTech AG. Saatavissa: [https://www.contitech.de/pages/produkte/transportbaender/transportbaender\\_en.html](https://www.contitech.de/pages/produkte/transportbaender/transportbaender_en.html). Hakupäivä 2.3.2014.
14. Saatavissa: <http://jiaoliu.en.made-in-china.com/product/kMvEDjKwSoRV/China-Black-Fabric-Heavy-Duty-Rubber-Conveyor-Belt-SGS-ISO9001-2008-.html>. Hakupäivä 2.3.2014.
15. Belt conveyors. 2010. BMH Technology Oy. Saatavissa: <http://www.bmh.fi/products/conveyors/belt-conveyors/>. Hakupäivä 27.3.2014.
16. Screw conveyors. 2010. BMH Technology Oy. Saatavissa: <http://www.bmh.fi/products/conveyors/screw-conveyors/>. Hakupäivä 27.3.2014.
17. Wamgroup. Saatavissa: [https://www.wamgroup.com/ingrandimento.htm?cgi-bin/prodotto\\_foto/RVC.jpg&](https://www.wamgroup.com/ingrandimento.htm?cgi-bin/prodotto_foto/RVC.jpg&). Hakupäivä 25.3.2014.
18. Kuvia. Oy Metallileikkaus Ab. Saatavissa: <http://www.saunalahti.fi/~metalli3/kuvia.htm>. Hakupäivä 16.4.2014.
19. PSK 6201. 2011. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 3. painos. PSK Standardisointi.
20. Mikkonen, Henry – Miettinen, Juha – Leinonen, Pertti – Jantunen, Erkki – Kokko, Voitto – Riutta, Erkki – Sulo, Petri – Komonen, Kari – Lumme, Veli Erkki – Kautto, Juha – Heinonen, Kari – Lakka, Sami – Mäkeläinen, Risto

2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Käsikirja. Kunnossapitoyhdistys.  
Kunnossapidon julkaisusarja n:o 13. Helsinki: KP-Media Oy.

21. PSK 7501. 2010. Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. 2. painos. PSK Standardisointi.

OULUN SEUDUN  
AMMATTIKORKEAKOULU



TEKNIKAN YKSIKKÖ  
KOTKANTIE 1, 90250 OULU  
www.oamk.fi

## LÄHTÖTETOMUUSTIO

<b>Työn tiedot</b>	<p>Tekijä<sup>1</sup></p> <p>Jukka Kumpulainen, t8kuju00@studens.oamk.fi</p> <p>Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot<sup>2</sup></p> <p>Jukka Kauppinen, Käyttöpäällikkö Energikuja 3 74120 IISALMI</p> <p>Työn nimi<sup>4</sup></p> <p><b>Voimalaitoksen kuljetinlaitteiden kunnonvalvonta</b></p> <p>Työn kuvaus<sup>5</sup></p> <p>Iisalmen voimalaitoksen kiinteän polttoaineen kuljetinlaitteiden kunnonvalvonnan ja käyttövarmuuden kehittäminen. Laatia kuljetinlaitteille toimiva kunnonossapito-ohjelma ja kehittää olemassa olevien kuljetinlaitteiden käyttövarmuutta sekä suunnitella parannusehdotuksia prosessiin.</p> <p>Työn tavoitteet<sup>6</sup></p> <p>Kunnossapito-ohjelma kuljetinlaitteille. Kunnonvalvontaratkaisut. Selvitys, miten käyttövarmuutta voidaan parantaa: - laite- ja materiaalivalinnat - polttoaineen varasyöttöjen esisuunnittelu</p> <p>Tavoiteaikataulu<sup>7</sup></p> <p>Aloitus mahdollisimman pian. Työ on valmis 15.11.2012</p> <p>Päiväys ja allekirjoitukset<sup>8</sup></p> <p>12/03/2012 Iisalmi Tekijän allekirjoitus</p> <p>12/03/2012 Iisalmi Tilaaajan allekirjoitus</p>	<p>Tilaaaja<sup>2</sup></p> <p>Savon Voima Oy, PL 1024 (Kapteeninväylä 5) 70901 Toivala</p>
--------------------	---	---

1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoite.
2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi.
3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta.
4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan.
5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat.
6. Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet.
7. Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa.
8. Lähtötietomuuisto päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaaajan yhdyshenkilö

Kuljetinosuuskien kriittisyys erilaisissa polttoainetilanteissa voimalaitoksen toimintavarmuuden näkökulmasta

Kriittisyyspisteet: 3=erittäin, 2=melko, 1=hieman kriittinen

		Siilojen polttoainetilanteet				Yhteensä
		Kaikki siilot täynnä	Annostelusiiлот täynnä Varastosiiло lähes tyhjä	Varastosiiло täynnä Annostelusiiлот lähes tyhjät	Kaikki siilot lähes tyhjiä	
Kuljetinosuudet						
Osuus 1	Kolapurkain (purkuhalli)					
	Kiekkoseula					
	Murskain					
Osuus 1	Kolakuljetin 1	1	3	1	3	8
	Kolakuljetin 2					
Osuus 2	Ruuvipurkain (varastosiiло)					
	Hihnakuлjetin	3	3	3	3	12
	Kolakuлjetin 3					
Osuus 3	Jakoruvi					
	Ruuvipurkaimet (annostelusiiлот)					
	Ruuvikuлjetimet	2	2	2	2	8
Osuus 3	Sulkusyöttimet					

Kuljetinlaite	Toiminto	Mahdolliset viat	Vilkaantumistapa	Ennakoivat ja korjaavat toimenpiteet
Ruuvi purkain	Polttoaineen purku	Ruuvia pyörittävä ketju poikki	Ketjun suunnittelukestävyyden ylittävät voimat	Liian suurten voimien rajoittaminen
			Ketjun venyminen	Kunnonvalvonta
			Ketjun ikääntymisestä johtuva kuluminen	Säännöllinen tarkastus
		Hammassratas rikki	Likainen voitelurasva	Kunnonvalvonta, likaisen rasvan poisto
			Liian vähän voitelurasvaa	Säännöllinen tarkastus, rasvan lisäys
			Hammassrattaan ikääntymisestä johtuva kuluminen	Kunnonvalvonta
		Vaihteisto rikki	Väärin mitoitettu vaihteisto	Uudelleen suunnittelu
			Vanha voiteluöljy	Säännöllinen öljyn vaihto
			Likainen voiteluöljy	Kunnonvalvonta, öljyn vaihto
			Väärä voiteluöljy	Huoltohenkilöstön ammattitaito, öljyn välitön vaihto
			Liian vähän voiteluöljyä	Säännöllinen tarkastus, öljyn lisäys
			Vaihteiston ikääntymisestä johtuva kuluminen	Kunnonvalvonta
		Laakeri rikki	Väärin mitoitettu laakeri	Uudelleen suunnittelu
			Liian vähän voitelurasvaa	Säännöllinen tarkastus, rasvan lisäys
			Likainen voitelurasva	Kunnonvalvonta
			Laakerin ikääntymisestä johtuva kuluminen	Kunnonvalvonta, laakerin säännöllinen vaihto

Kuljetinlaite	Toiminto	Mahdolliset viat	Vikaantumistapa	Ennakoivat ja korjaavat toimenpiteet
Hihnakujiettiin	Polttoaineen siirto	Hihna poikki	Jokin osa hankaa hihnaa	Hankaavan osan poisto tai korjaus
		Vaihteisto rikki	Hihnan venyminen	Kunnonvalvonta
			Hihnan ikääntymisestä johtuva pykiminen	Säännöllinen tarkastus, hihnan vaihto
			Väärin mitoitettu vaihteisto	Uudelleen suunnittelu
			Vanha voiteluöljy	Säännöllinen öljyn vaihto
			Likainen voiteluöljy	Kunnonvalvonta, öljyn vaihto
			Väärä voiteluöljy	Huoltohenkilöstön ammattitaito, öljyn välitön vaihto
			Liian vähän voiteluöljyä	Säännöllinen tarkastus, öljyn lisäys
		Laakeri rikki	Vaihteiston ikääntymisestä johtuva kuluminen	Kunnonvalvonta
			Väärin mitoitettu laakeri	Uudelleen suunnittelu
			Liian vähän voitelurasvaa	Säännöllinen tarkastus, rasvan lisäys
			Likainen voitelurasva	Kunnonvalvonta
			Laakerin ikääntymisestä johtuva kuluminen	Kunnonvalvonta, laakerin säännöllinen vaihto

Kuljetinlaite	Toiminto	Mahdolliset viat	Vikaantumistapa	Ennakoivat ja korjaavat toimenpiteet
Kolakuji etin	Polttoaineen siirto	Ketju poikki	Ketjun suunnittelukestävyyden ylittävät voimat	Tukosvahdin tai voimien rajoitimen asennus
			Korroosio	Säännöllinen tarkastus
			Ketjun venyminen	Kunnonvalvonta
			Ketjun ikääntymisestä johtuva kuluminen	Säännöllinen tarkastus
		Kolot irtaavat	Kiinnitysruuvien liian pieni kiristysmomentti	Säännöllinen tarkastus tai uuden kiinnitystavan suunnittelu
			Korroosio	Säännöllinen tarkastus
		Vaihteisto rikki	Väärin mitoitettu vaihteisto	Uudelleen suunnittelu
			Vanha voiteluöljy	Säännöllinen öljynvaihto
			Likainen voiteluöljy	Kunnonvalvonta, öljynvaihto
			Väärä voiteluöljy	Huoltohenkilöstön ammatitaito, öljyn välitön vaihto
		Laakeri rikki	Liian vähän voiteluöljyä	Säännöllinen tarkastus
			Vaihteiston ikääntymisestä johtuva kuluminen	Kunnonvalvonta
			Väärin mitoitettu laakeri	Uudelleen suunnittelu
			Liian vähän voitelurasvaa	Säännöllinen tarkastus, rasvan lisäys
			Likainen voitelurasva	Kunnonvalvonta
			Laakerin ikääntymisestä johtuva kuluminen	Kunnonvalvonta, laakerin säännöllinen vaihto